



## Document Summary



New  
Search



Help

[Preview Claims](#)

[Preview Full Text](#)

[Preview Full Image](#)

Email Link: A small icon of an envelope, representing an email link.

**Document ID:** JP 02-054764 A2

**Title:** DEVICE FOR COATING SUBSTRATE WITH INSULATOR

**Assignee:** LEYBOLD AG

**Inventor:** SCHERER MICHAEL  
LATZ RUDOLF  
PATZ ULRICH

**US Class:**

**Int'l Class:** C23C 14/35 A

**Issue Date:** 02/23/1990

**Filing Date:** 06/22/1989

### Abstract:

**PURPOSE:** To prevent the hindrance of the electrification on a target, by superposing the output voltage of an AC power source on the DC voltage of a DC power source and specifying the voltage of the AC power source to be applied on electrodes.

**CONSTITUTION:** The magnetron sputtering device is provided with the AC power source, which outputs voltages to be superposed on the DC voltage of the DC power source. The output of the AC power source impressed on the electrodes connected to the target is regulated to 5 to 20% of the output supplied to the electrodes by the DC power source. A high-frequency power source is used as the AC power source. As a result, an insulator, such as Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, is deposited on the substrate at a high rate without receiving the hindrance by reactive sputtering.

(C)1990,JPO

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-54764

⑬ Int. Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)2月23日

C 23 C 14/35

8520-4K

審査請求 未請求 請求項の数 17 (全9頁)

⑮ 発明の名称 基板を絶縁体で被覆する装置

⑯ 特 願 平1-158479.

⑰ 出 願 平1(1989)6月22日

優先権主張 ⑱ 1988年6月23日 ⑲ 西ドイツ(DE) ⑳ P38 21 207.2

① 発 明 者 シェーラ-ミヒヤエル ドイツ連邦共和国 ローデンバツハ D-6458 リンデン  
シュトラッセ 12

② 発 明 者 ラツツ ルドルフ ドイツ連邦共和国 フランクフルト D-6000 マインツ  
アー ラントシュトラッセ 326

③ 発 明 者 バツツ ウルリツヒ ドイツ連邦共和国 リンゼンゲリヒト 2 D-6464 ヴ  
アルトシュトラッセ 26

④ 出 願 人 レイボルト アクチー ドイツ連邦共和国 ハウナ 1 D-6450 ビルヘルム-  
エンゲゼルシャフト  
⑥ 代 理 人 弁理士 鈴木 弘男

明 細 書

1. 発明の名称

基板を絶縁体で被覆する装置

2. 特許請求の範囲

(1) ターゲットに接続された電極に接続された直流電源を有し、前記ターゲットから放出された粒子が基板上に堆積される導入物質との化合物を形成し、前記ターゲットには環状磁界が印加され、その磁力線は磁極部分においてターゲットの表面から出ていく、基板を絶縁体で被覆する装置において、前記直流電源の直流電圧に重畳される電圧を出力する交流電源を設け、前記電極に印加される前記交流電源の出力を前記直流電源によって前記電極に供給される出力の5%ないし25%にしたことを特徴とする装置。

(2) 前記交流電源が高周波電源である請求項1に記載の装置。

(3) 前記高周波出力は前記直流出力の10%である請求項1または2に記載の装置。

(4) 前記直流電源が第1および第2のインダ

クタを介して前記電極に接続された請求項1に記載の装置。

(5) 前記交流電源がコンデンサを介して前記電極に接続された請求項1に記載の装置。

(6) 前記直流電源と前記第1のインダクタとの間に一端を接地電位にしたコンデンサを接続した請求項4に記載の装置。

(7) 前記第1のインダクタと第2のインダクタとの間に一端を接地電位にしたコンデンサを接続した請求項4に記載の装置。

(8) 第1のコンテナと、この第1のコンテナの中に配置される第2のコンテナとを有し、第2のコンテナはダイヤフラムとしての開口を有し、被覆される基板は前記開口を通して前記ターゲットと対向し、1またはそれ以上の気体が第1および第2のコンテナの間の空間に導入される請求項1に記載の装置。

(9) 前記交流電源が13.56MHzの交流電圧を与える請求項1に記載の装置。

(10) 前記ターゲットはアルミニウムから成

り、前記基板上に堆積される層はAl、O<sub>2</sub>から成る請求項1に記載の装置。

(11) 前記ターゲットはドーピングされたたとえば導電性シリコンから成り、前記基板上に堆積される層はSiO<sub>2</sub>から成る請求項1に記載の装置。

(12) 前記ターゲットはアルミニウムから成り、前記基板上に堆積される層はAlNから成る請求項1に記載の装置。

(13) 前記ターゲットはドーピングされたたとえば導電性シリコンから成り、前記基板上に堆積される層はSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>から成る請求項1に記載の装置。

(14) 前記直流電源がターゲット物質の種類に応じて作動され、電流、電圧または出力電力が調整される請求項1に記載の装置。

(15) ターゲットにAl、SiまたはSnが使用されたときは、前記直流電源が優先的に作動されて電圧が調整される請求項1に記載の装置。

あるため、比較的簡単である。しかし、導電性が全くないかあるいは非常に低い酸化物の層で基板を被覆することは非常に難しい。この困難さにもかかわらず、基板上に酸化物および他の絶縁体を堆積させるためには、直流スパッタリング手段を用いて金属粒子を発生させ、それらを反応的な雰囲気下で酸化物に転化し基板上に堆積させている。

この処理において、金属粒子の酸化物への転化は基板のすぐ近くであってスパッタリング陰極から離れた所で起こる。これは陰極上に酸化物が堆積しそれに伴ってスパッタリング率が低下するのを防ぐためである。それにもかかわらず、実際には陰極に酸化物を全く付着させないことはできず、スパッタリング率は徐々にかなり低下する。

スパッタリングがマグネトロン陰極を用いて行なわれるときは、磁力線の曲率が最大であるところでスパッタリングは最も激しく、スパッタ率が発生する。これらの場所における激しいスパッタ

(16) アルゴン/酸素の雰囲気のもとで、Al、Si、Sn、In/Snのターゲットがスパッタリングされるときは、前記直流電源が作動され電圧が調整される請求項1に記載の装置。

(17) アルゴン/窒素の雰囲気のもとで、Al、Siのターゲットがスパッタリングされるときは、前記直流電源が作動され電圧が調整される請求項1に記載の装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は、基板を絶縁体で被覆する装置、とくにターゲットに電気的に接続された電極に接続された直流電源を有し、前記ターゲットから放出され微粉化された粒子が基板上に堆積される化合物を形成し、前記ターゲットには電圧境界が印加され、その磁力線は陰極部分においてターゲットの表面から出ていく装置に関する。

#### (従来技術)

スパッタリングまたは粉状化プロセスを用いて基板を金属で被覆することは、金属が良導電体で

リングは酸化物の堆積を防止する。ターゲットのこれらの部分は全くスパッタリングされないかまたは非常にゆっくり行なわれる。しかし非導電性の誘電体膜が反応的気体の影響のもとで形成される。これらの成長部分は静電的に帯電され、ターゲット表面上の同時放電の開始点となり、結局、ターゲットとプラズマまたはターゲットとターゲットの周りの物質との間の放電の開始点となる。放電中は放電アークを消すために陰極電流を一時的に減少させなければならない。しかし、それによって放電が最終的にやむまで不安定状態が生じる。

直流電流によるマグネトロン・スパッタリングにおいては、純粋な二極管スパッタリングとは対比的にターゲットに反応生成物が部分的に付着するのを防ぐことはできず、せいぜい境界を最適化して低くおさえることができるだけである。

この問題を解決するための手始めとして、直流電圧の代りに同波数の高い交流電圧をターゲット電極と基板との間に与えることがある。反応的な

雰囲気下でこの高周波マグネトロン・スパッタリングを行なえばターゲット表面での放電も起こらないし、静電的な帯電も起こらない。しかしながら、純粋な高周波スパッタリングにおいては、スパッタリング率が比較的低い。

しかし、高周波電圧を重ねた直流電圧を用い、基板上にタンタルおよびタンタル酸化物を堆積させるスパッタリング処理も知られている(F. Vratny「高周波を重ねた直流スパッタリングによるタンタルおよびタンタル酸化物の堆積」1968年10月7日～11日薄膜誘電体に関する会議資料、J. Electrochem. Soc. 114-5, 505, 1967からの複製)。直流電流と交流電流が結合された電界はプラズマ密度を高め、反応的スパッタリング中に陰極上に誘電体膜が形成されるのを防止する。それにより、0.5～2ミリのスパッタリング圧力下で約80人/分のタンタル堆積率を達成することができ、10～20ミリの圧力下ではタンタル堆積率を2倍に増大させることができる。純粋な酸素の下における反応的スパッタリ

ングの過程では、 $TaO$ 、および $MnO$ を被覆するのに50～100人/分の堆積率が得られる。

この堆積率の増加は、高周波電界においては帯電粒子が振動運動を行なうという事実によって説明することができる。重畳電界の影響により移動する電子は直流電界中における電子よりも長い距離を移動する。この長い移動距離は電子と気体原子との衝突の確率を増加させ、これは与えられた圧力下での陰極への正イオンの流入密度を増加させることになる。このことはスパッタリング率および層堆積を増加させる効果をもつ。気体中で電子がどのように反応するかは、気体圧力すなわち電子の自由路長、高周波電界の周波数および電極配置に依存する。低い圧力のもとでは、平均自由路長が電極間の距離より長ければ、電子は励起されてほとんど気体との衝突なしに電極間を移動する。たとえば10ミリの圧力のもとではアルゴン中の電子は0.4 eVのエネルギーを有し、平均自由路長は従来の電極間の距離とほぼ一致す

る10 cmである。電子の平均自由路長が電極間の距離より短い圧力のもとで電界の周波数が気体の衝突周波数より低いときは、電子は各々振動して数回衝突し、電界の位相に合わせて移動しようとする。この例としては低周波交流スパッタリングおよび低周波直流/交流スパッタリングがある。このとき電子は連続して陰極および基板に突入する。高い周波数では電子は気体の衝突の間で小さな振幅で多く振動することができる。この場合電子は静止しているように見え、その結果強力なプラズマができる。このプラズマは重畳された直流電界で引き上げることができる。さらに高い周波数たとえばマイクロ波の範囲では、電子は電気的および磁気的成分を有する定在波の影響を受ける。この影響のため、電子は空間の条件たとえば電極寸法の関数および定在波を発生する周波数などに応じて空間中で分散する。

さらに、高周波電界があるため、電気的な負性気体による反応的スパッタリング中に陰極上に誘電体の被覆が堆積するのを防止する。イオン密度

は高周波電界を通して維持され、陰極への電子の衝突は大量の絶縁被覆が形成される可能性を減少させる。イオン化の確率が増え、気体の絶縁破壊強度が小さくなることにより、高周波電界においては二極管スパッタリング中の通常の圧力より低いスパッタリング圧力のもとで作用することができる。

上述した公知の装置は二極管スパッタリングあるいは二極管粉状化に関するものである。それはまた直流および交流電圧を電極に印加する公知の装置にも言えることである。しかし、二極管スパッタリングは仮に交流の重ね合わせを利用したとしても多くの適用例において堆積率が低いという欠点がある。マグネトロン陰極を用いた上置スパッタリングは実質的により高いスパッタリング率を有する。

マグネトロン・スパッタリングとマイクロ波放射を結合することもまた公知である(米国特許4610770号=ヨーロッパ特許0148504号)。この場合のマイクロ波放射は、マグネ

ロン電極の電圧力線が位置している所だけターゲットがスパッタリングされないのを防止しようとするものである。このようにスパッタリング率を上昇させ、ターゲットの腐食を狭い限られた部分だけでなく防止するために、スパッタリング領域をかなり増加させる。この目的を達するために、同軸状に配置された2個の永久磁石を用いてミラー磁界を発生させる。このとき磁石間では磁力線が拡散し、磁石の近くでは再び収縮する磁束分布となる。この場合の欠点は中空の誘電管または同等の手段を用いたマイクロ波の放射が高価であること、また永久磁石の構造が複雑であることである。

さらに、基板ホルダとターゲットホルダが高周波の高電圧電極と接続され、 $-30\text{V}$ から $-100\text{V}$ 好ましくは $-70\text{V} \pm 10\text{V}$ のバイアス電圧がスパッタリング手段によって得たドーパ金属層を製造する方法が知られている(ドイツ特許2909804号)。この方法は電気的性質が正確に定義された抵抗層の再現可能な堆積に関する

るもので、ここでは上記抵抗層は純粋な二極管高周波スパッタリングによって製造される。この公知の方法は良導電体である化合物が放出されるので、アークの問題に関するものでなく、さらに直流電極も使用されない。

さらに、中和装置を有するイオンビーム処理装置が知られている。この装置では基板ホルダおよび/またはターゲット上の電荷が不確定な状態になるのを避けるため、中和装置が熱放出電子の形成で使用され、さらに正電位が基板および/またはターゲットに印加される。反応的スパッタリングの問題とくに絶縁体の反応的スパッタリングの問題については触れていない。

アルミニウムをエッチングする別の二極管方法によれば、直流電極および高周波発生器が並列に接続され、これらの共通の出力電圧は2つの相対する電極に印加される(ドイツ特許3140675号)。このケースの場合も運動量の伝達による反応的なスパッタリングの問題は述べられていない。

#### (発明の目的および構成)

本発明は永久磁石の磁力線が環状に形成されてスパッタリングされる物質に印加される従来のマグネトロン・スパッタリング装置において、ターゲット上の帯電が妨げられるのを防止することを目的とする。

この目的を達するために、直流電極の直流電圧に交流電極の出力電圧を重ね、電極に与えられる交流電極の電圧を、直流電極によって電極に与えられる電圧の5%ないし25%にするように構成した。

本発明によって得られる利点は、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ または $\text{AlN}$ などの絶縁体を従来のマグネトロン陰極を用いた反応的スパッタリングを使って何ら妨害を受けることなく高い率で堆積できるということである。

反応的直流スパッタリングの全ての利点は保有されている。なぜなら、重畳高周波成分はターゲット上の電位差を減少させ、それによりターゲット上で帯電効果を妨害することは避けられ

る。このため永久アークにより放電が終了することが保証される。このことは高周波成分が、第1にプラズマ密度を増加させることによってスパッタリング率を増加させ、第2にターゲットの非導電領域から離れたスパッタリングに役立つという意味ではない。むしろ反応的マグネトロン・スパッタリング中に不可避免的に形成される非導電性のターゲット部分上に帯電効果の妨害を生じさせないということである。このため、直流電圧はターゲット上の帯電効果の妨害を避けるように高周波電圧によって変調される。

#### (実施例)

以下、本発明の一実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

第1図には基板1が示され、この基板1には絶縁体の薄い層2が設けられる。基板1に封向してスパッタリングされるべきターゲット3が配置されている。ターゲット3は断面がU字形のエレメント4を介して電極5と接続されている。電極5はヨーク6上に接地され、ヨーク6とエレメント

4との間には永久磁石7, 8, 9が設けられている。

永久磁石7, 8, 9の磁極は、外側の2つの永久磁石7および9のS極と真中の永久磁石8のN極がターゲット3を通してほぼ円弧状の磁界を形成するように、ターゲット3に交互に向けられている。この磁界はターゲット3の前のプラズマを圧縮して、磁界がその円弧の最高点のところで磁界の密度が最大になる。プラズマ中のイオンは、直流電源10から供給される直流電圧により形成される電界によって加速される。直流電源10のマイナス極は2個のインダクタ11および12を介して電極5に接続されている。電界はターゲット3の表面と垂直に形成され、プラズマの正イオンはターゲット3の方向に加速される。これによって、多数の原子や粒子がターゲット3から放出される。とくに領域13および14から放出され、そこで磁界は最大となる。放出された原子または粒子は基板1の方向へ移動し、薄い層2となって堆積される。

クタ35の一端が接続され、その他端は接地されている。インダクタ11および12の接続点はコンデンサ32に接続され、コンデンサ32は接地されている。高周波電源30の第2の端子36も接地されている。

コンデンサ29および32とその間に接続されたインダクタ11とによって高周波の通過を助けるローパスフィルタを形成している。インダクタ12によってその効果をさらに強めている。コンデンサ33および34とインダクタ35によって高周波を陰極5に印加する回路を形成している。これらは同時にバイパスフィルタとして機能する。すなわち直流電圧は高周波電源30には印加されない。

第1図の装置における気体は実際には第1および第2のコンテナ25および24の間の空間に入るが、それは陰極5の周りのガス分配システムを通して第2のコンテナ24へ導入することもできる。

第1図の装置を制御するために、測定データお

ターゲット物質が金属であって基板上に酸化膜を被覆するときは、ターゲット3から放出された粒子は空間15において特定の気体と反応する。この気体はガスタンク16および17からバルブ18, 19およびパイプ22, 23を経て、入口弁20, 21を介して空間15に導入される。この空間15は2つのコンテナ24および25によって形成され、コンテナ25は基板1を収容し、他方のコンテナ24は基板1の前で終わり、ダイヤフラム26を形成している。コンテナ24, 25およびコンテナ25の底に載置された基板1は共に接地されている。直流電源10の第2の極27もまた接地され、第1の極28はインダクタ11および12から離れてコンデンサ29に接続され、コンデンサ29は接地されている。

さらに、端子31を有する高周波電源30は直流電源10のそばにあって、可変コンデンサ33および34を介して電極5に接続されている。可変コンデンサ33および34の接続点にはインダ

および出力制御命令を処理する処理制御コンピュータが用いられる。この処理制御コンピュータにたとえば処理室25内の分圧の測定値が与えられる。これらのデータおよび他のデータに基づいて、コンピュータはたとえばバルブ18および19を通して流入する気体を制御し、陰極5における直流と交流の電圧の割合を設定する。処理制御コンピュータは他の全ての変数たとえば陰極電流、高周波出力および磁電強度を制御することができる。このような処理制御コンピュータはよく知られているので、その構成についての説明は省略する。

第1図には高周波の供給がどのように調整されるか示されていない。しかし、特定の値を予め設定し出力が常にこの設定値に調整されるように調整回路を構成することは公知である。

第2図は直流だけによるスパッタリング中に生じた過程を示す図である。これらの過程は以下に説明する本発明による装置の実施例の作用を理解する上で重要である。第2図は気体圧力が $7 \times$

10<sup>-3</sup>ミリバールのアルゴンの純不活性ガスの雰囲気下のものであり、この図から直流陰極電流は明らかに直流陰極電圧の関数であることがわかる。電圧の上昇に伴ない帯電性プラズマが形成されて抵抗値が減少するので、電流  $J = f(U)$  はほぼ放物線状に増加する。スパッタリング率  $R$  は  $I/S$  で表わされ、スパッタリング出力の増加に伴ない直線的に上昇し、直線  $R = f(P_{\text{cat}})$  によって表わされる。出力密度 10 W/cm<sup>2</sup> に対応するスパッタリング出力が 440 W のとき、スパッタリング率は 50 人/s である。

第3図には、陰極電圧の関数としての陰極電流および直流のときに予め設定したアルゴンおよび酸素流入の場合における酸素分圧と陰極電圧の相関が示されている。第3図の測定曲線は酸素の流量  $f_{O_2}$  が 6.7 SCCM/分で一定のときに記録されたものである。ここで SCCM/分は標準的な cm<sup>3</sup>/分と一致する。

第2図とは対照的に、第3図は反応的な直流スパッタリング時の状態を示している。電流-電圧

極電圧の範囲(約300Vないし400Vの範囲)が不安定な範囲であることであり、その中で時々後に火花やプラズマ損失が起こる。したがって動作点を早く動かして放電が止まらないようにしなければならない。

すでに述べたように、陰極電流  $J$  は明らかに陰極電圧の関数であり、各々の電圧値には確実に1つの電流値が対応する。しかし、その逆は言えない。もし第3図の縦軸と横軸を交換し、縦軸に電圧  $U$  をとり、横軸に電流  $J$  をとると、電圧曲線は1つの電流値が2つの電圧値をとるS字形を描く。

第4図には酸素分圧および直流電流の陰極電圧の関数としての放電電流が第3図と同じ条件のもとで示されているが、今度は高周波変調された陰極電圧が使用されている。ここでの変調周波数は 13.56 Hz であり、高周波の振幅は 140 V。陰極における有効電力は一定で 20 W である。吸収のない Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の層は 425 V 以下で得られ、これは第3図の純直流電流の場合と似て

特性から電圧を増加させたときの電流  $J$  は依然として明らかに電圧の関数であることがわかる。電圧を増加させると電流は初め非常に急激に上昇するが、その後最大値に達し、そこから減少し次いで再びいく分増加する。しかし、電圧を約 600 V の高電圧から減少させると、電流は初め電圧の減少に伴ない減少する。しかし、最初の金属ターゲットの状態を仮定すると、電圧がさらに下がると電流は大きく上昇し、このとき基板上的酸化物の形成は増加していることがわかる。350 V 以下になると、電流は再び急に減少し、酸素分圧が大きく上昇する。約 450 V から 350 V までの範囲では、ターゲット上に堆積する Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の2次電子発生量は、アルゴンイオンの衝突によって上昇する。これとは対照的に、350 V 以下においてはターゲットは酸素分子で被覆されターゲット上に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が形成されることはない。この酸素分子はアルゴンの衝突イオンによって放出され、2次電子効果は低下する。反応的直流動作の欠点は、基板上に吸収のない層を形成する陰

極電圧の範囲(約300Vないし400Vの範囲)が不安定な範囲であることであり、その中で時々後に火花やプラズマ損失が起こる。したがって動作点を早く動かして放電が止まらないようにしなければならない。

いる。しかし、放電は完全に安定しておりアークはない。実験では約 420 V の動作点において、放電は火花が起こることなく数時間行なわれた。500 V から 350 V の間では第3図および第4図の電圧-電流特性は数パーセント以内の偏差で一致している。第3図と比べると、第4図で観察することができる連続した強い電流の増加は次のように説明できよう。すなわち、高周波成分は初めターゲット表面上の酸素分子の吸収を防止するが、2次電子の発生量の増加は邪魔されない。2次電子が増加すると確かに衝突によるイオン化を通してイオン流量が増加するが、初めは陰極からの電子流量が増加することによってイオン流量が増加する。この効果は動作範囲を広げスパッタリング率は電圧の低下に伴ないわずかしき変化しない。この電圧低下は酸素分圧の比較的わずかな増加によって示される。420 V の動作点では Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のスパッタリング率は約 470 W の電力で 25 人/s であり、これは純粋な金属の場合と比較すると半分に低下しただけである。280

V以下では電流は大きく減少し、これはスパッタリングの融着による被覆および低い電圧におけるスパッタリング効果の減少のためである。500V以上では高周波成分を有する電圧で流れる電流は第3図の純直流電流の場合より小さい。明らかにここではプラズマの影響を受けている。

第5図は電極5に印加される変調電圧を示している。これは-420Vの直流電圧に振幅140Vの高周波電圧を重ねたものである。この電圧は処理室のアルゴン圧が $7 \times 10^{-3}$ ミリバールるとき、アルミニウムがスパッタリングさら融着との融着が起こる場合は、優先的に印加される。高周波の有効電力は20Wに設定され電極5を流れる直流電流は約1.14Aである。

第6図は純アルゴン雰囲気下における電流電圧特性を示し、ここにはプラズマについての高周波の効果がはっきり示されている。純直流動作における電流電圧特性を示す測定値はX印で表わされ、変調電圧での電流電圧特性を示す測定値はO印で表わされている。電極5での高周波電力はこ

こで約20Wである。この有効電力は純直流の場合および高周波の場合のスパッタリング率を比較して決定された。第6図においては2つの本質的な事項が認められる。すなわち、直流マグネトロン放電のための典型的な電力密度 $10\text{ W/cm}^2$ （第6図においては約 $600\text{ V}/0.8\text{ A}$ ）から開始して、同一の直流電圧のときの直流の放電電流は重畳高周波電力20Wのときすでに、ゼロになっている。すなわち、変調振幅が約140Vのとき電流は0.18Aだけ減少する。

電界に支持された直流マグネトロン放電用として、直流電流の約5%の高周波変調は強烈的な効果を有している。直流出力電力は約100W（ $=2.3\text{ W/cm}^2$ ）減少される。明らかに高周波電界は陰極5の前で循環している電子のドリフト電流を妨害する。高周波電界に追従できる電子はさらに陰極5から取り除かれる。このことは電子の衝突確率が減少することを意味する。これに関連して電子のドリフト損失も減少する。

この結果は純二極管スパッタリング動作中のブ

ラトニー（Vralny）の観測と矛盾する。それによれば二極管高周波変調された直流電圧が印加されると、直流放電電流が著しく増加するという。ブラトニーによって示された高周波電力約200Wは所与の直流電流および高周波電力の約43%である。これが実際に陰極上に効果のある高周波電力であるかどうかは述べられていない。

第6図において、直流陰極電圧の減少に伴ない、高周波変調のときの直流放電電流はゆっくりと減少を続ける。350V以下のときの直流放電電流は純直流の放電より大きい値である。純直流電流の放電は290Vでなくなるが、高周波変調放電の直流成分は減少して純高周波放電の固有直流電位である140Vでゼロになる。

このようにマグネトロンの場合、純高周波の放電の直流電位と純直流の放電範囲との間において、高周波変調の直流を用いた場合、直流電流成分の増加が観察される。反応的処理にとって2番目に重要であるこの範囲において、高周波放電の高いイオン化効果が決定される。

純二極管スパッタリングにおけるブラトニーによる結論および観察は一般に本発明にとってはあまり重要ではないこの効果に関連している。

定電力の高周波変調による直流マグネトロン放電で広い範囲において、直流電流を減少させることのほとんど予見できず実際には歓迎されない効果は、反応動作中に増加された第2電子発生量によりターゲットを部分的に融着することで十分相償される。この効果の程度は使用される物質および気体に依る。アルゴン/酸素の雰囲気中におけるAl, Si, Snおよびアルゴン/酸素の雰囲気中におけるAlおよびSiについてはその効果は実験によってすでに確認済みである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による装置の基本的構成図、第2図は公知の直流マグネトロン・スパッタリング装置において圧力 $7 \times 10^{-3}$ ミリバールのもとで、陰極電圧の関数としての陰極電流、スパッタリング率およびスパッタリング出力を示す図、第3図はアルゴン圧 $7 \times 10^{-3}$ ミリバール、酸素濃



図6. 7 SCCM/分で一定およびアルミニウムのターゲットのもとにおける直流陰極電圧の関数としての陰極電流および陰極分圧を示す図、第4図はアルゴン圧 $7 \times 10^{-2}$ ミリバール、陰極流量6. 7 SCCM/分で一定、振幅140 Vの重畳高周波電圧およびアルミニウムのターゲットのもとで直流陰極電圧の関数としての陰極電流および陰極分圧を示す図、第5図は交流電圧が重ねられた直流陰極電圧を示す図、第6図は純アルゴン雰囲気下において直流陰極電圧および直流電圧と重畳交流電圧との組合電圧の関数としての陰極電流を示す図である。

1…基板、2…絶縁層、3…ターゲット、5…陰極、7、8、9…永久磁石、10…直流電源、24、25…コンテナ、30…高周波電源

特許出願人 レイボルト アクチーエンゲゼルシャフト

代理人 弁理士 鈴木 弘 男

FIG.6

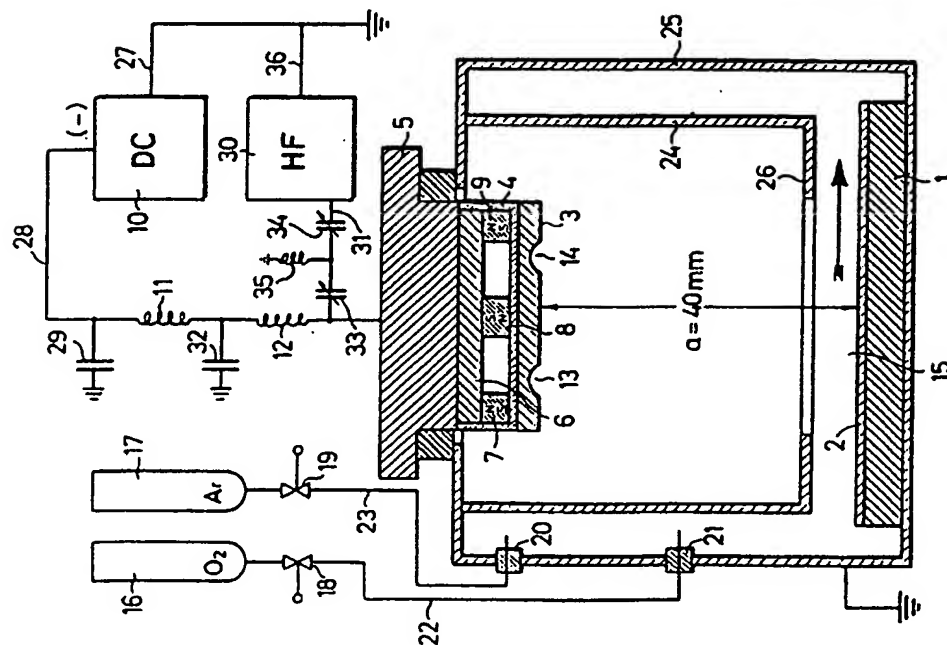
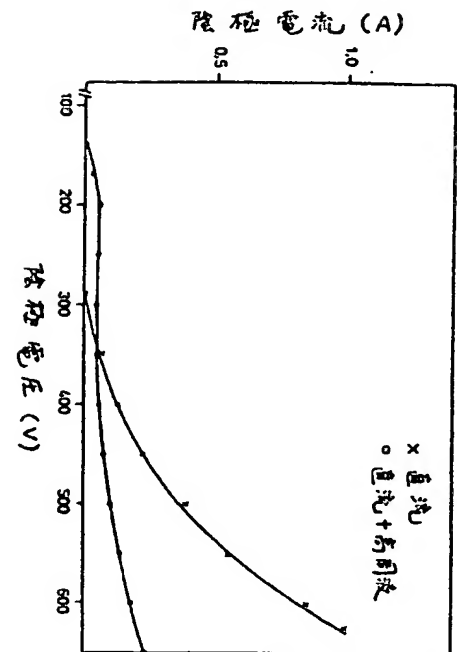


FIG.1

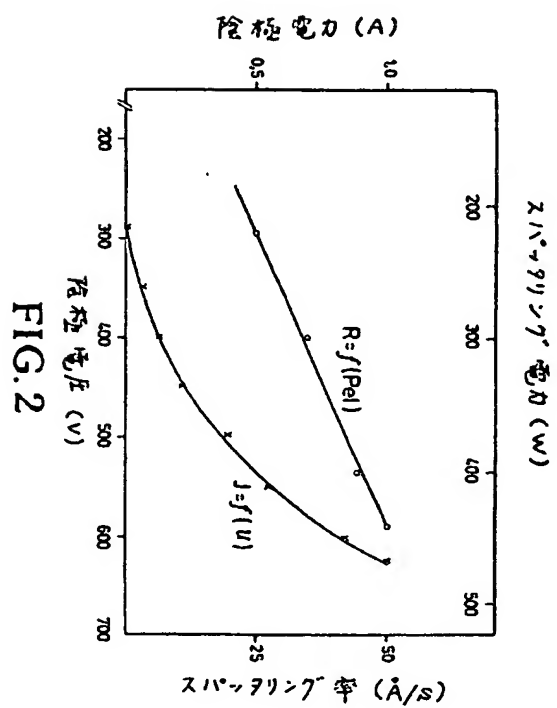


FIG. 4

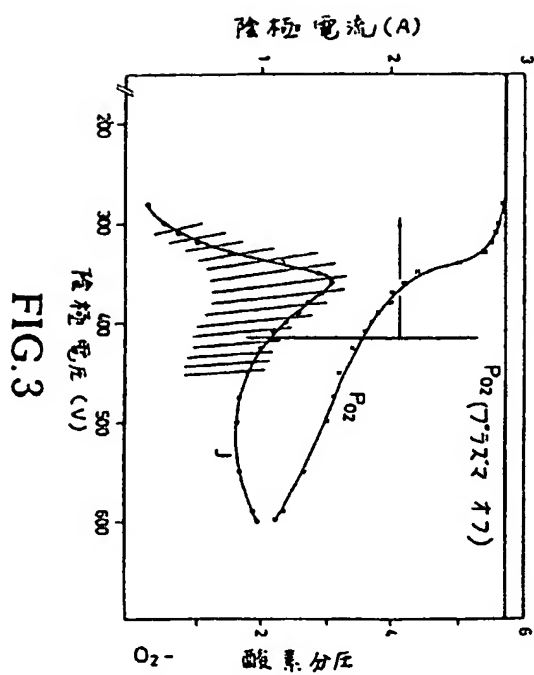
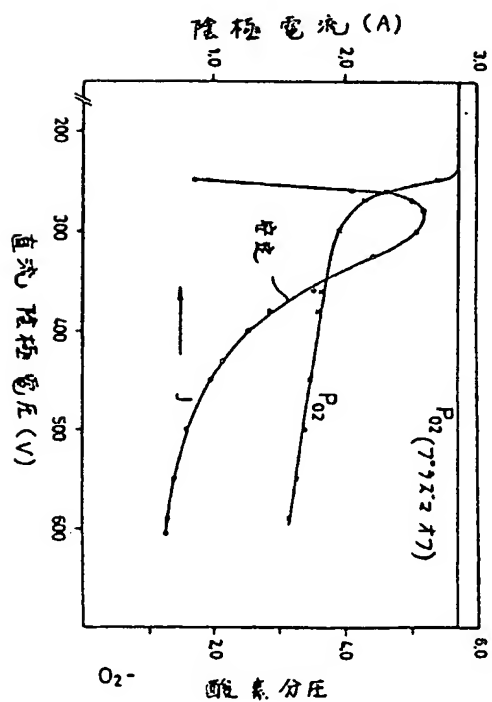


FIG. 3

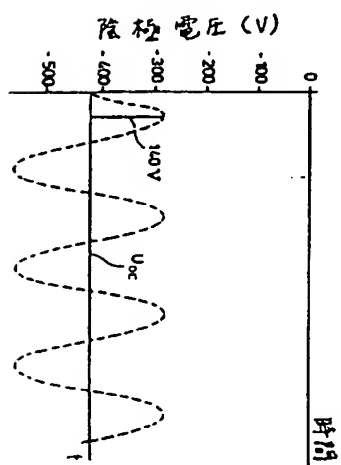


FIG. 5